

УДК 676.038.2

Семінський О.О., к.т.н., доц., Жаркой Р.В., Семінська Н.В., к.т.н., доц.  
НТУУ «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ ФІЛЬТРУВАННЯ ВОЛОКНИСТИХ СУСПЕНЗІЙ З ВОЛОКОН ПЕРВИННОЇ І ВТОРИННОЇ ПЕРЕРОБКИ

Seminskyi O., Garkoy R., Seminska N.

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine (e-mail: [o.seminskyi@kpi.ua](mailto:o.seminskyi@kpi.ua))

### THE RESEARCH OF FILTRATION KINETICS OF FIBRES SUSPENSIONS BASED ON PRIMARY AND SECONDARY PROCESSED FIBRES

*Проведено експериментальне дослідження кінетики фільтрування водних суспензій, утворених на основі рослинних волокон первинної та вторинної переробки при їх різних помелах. На базі одержаних кінетичних залежностей та обчислених значень середньої швидкості фільтрування проведено порівняльний аналіз інтенсивності процесу в залежності від виду та стану волокон у суспензії. Основуючись на фізичних уявленнях про процес фільтрування волокнистих суспензій надано обґрунтування виявлених відмінностей у кінетиці фільтрування досліджуваних суспензій.*

Ключові слова: волокниста суспензія, кінетика, помел, фільтрування.

#### Вступ

Обсяги виробництва картонної і паперової продукції з року в рік зростають, а її видовий асортимент – розширюється. Необхідність забезпечення поєднання промислових вимог і споживчих потреб вимагає постійного вдосконалення технологій на основі нових рішень, що ґрунтуються на більш глибокому вивченні закономірностей протікання окремих процесів на всіх стадіях виробництва.

Стадія формування є однією з найважливіших у технологічному циклі виробництва паперу і картону, оскільки саме на цій стадії відбувається перетворення волокнистої суспензії на полотно, закладаються основи структури полотна, створюються умови для розвитку міцнісних характеристик продукції [1].

Формування пов'язане з фільтруванням волокнистої суспензії і подальшим зневодненням утвореного осадового шару, що супроводжується видаленням основної (до 97%) кількості води [2]. Знання кінетичних закономірностей фільтрування дає можливість інтенсифікувати формування полотна із забезпеченням його заданої якості.

Незважаючи на актуальність цього питання, воно недостатньо висвітлено як у вітчизняній, так і у закордонній технічній літературі [3]. При цьому основна увага приділяється дослідженню суспензій на основі первинних волокон. Однак, в умовах збільшення дефіциту деревинної сировини, яка наразі є основною в целюлозно-паперовому виробництві, підвищується роль макулатури як вторинної сировини. Викликає цікавість дослідження кінетики фільтрування волокнистих суспензій на основі вторинних волокон, що зумовлено відмінністю їх паперотворних властивостей від аналогічних властивостей первинних волокон, оскільки вторинні волокна вже пройшли як мінімум один цикл виробництва і піддавались дії природного старіння [4].

**Мета роботи** полягає в експериментальному дослідженні кінетики фільтрування волокнистих суспензій на основі рослинних волокон первинної та вторинної переробки та проведенні порівняльного аналізу фільтраційної здатності цих суспензій.

#### Дослідження

Експериментально досліджено кінетику фільтрування водних суспензій, утворених на основі рослинних волокон первинної та вторинної переробки при їх різних помелах. В якості дисперсної складової суспензій використано волокна, одержані з:

- листової целюлози – волокна первинної переробки;
- макулатури з паперу друкарського білого без нанесення фарби з питомою вагою  $80 \text{ г/м}^2$  – волокна вторинної переробки.

Приготування суспензій проводилось шляхом розпускання вихідних волокнистих матеріалів у водному середовищі з подальшим гідроножовим розмелюванням у лабораторному млині. Заданий помел досягався зміною часу розмелювання. Контроль за процесом розмелювання здійснювався за прийнятою у галузі методикою визначення градусу помелу методом Шоппер-Рігlera [5]. Дослідження проводились у межах помелів  $40...60^\circ \text{ШР}$ . З метою забезпечення можливості співставлення результатів, одержаних при фільтруванні суспензій на основі первинних і вторинних волокон, обраний діапазон помелів поділений на чотири рівні проміжки за градусом помелу. Помели пронумеровані і зведені у табл. 1.

Таблиця 1

Перелік помелів волокон у досліджуваних суспензіях

Номер помелу	Час розмелювання, с	
	Целюлоза	Макулатура
1	300	120
2	355	140
3	410	160
4	470	180

Експериментальна частина дослідження проводилась на пристрої для визначення фільтраційних та зневоднюючих властивостей суспензій і осадів методом гідродинамічної проникності, спроектованому на кафедрі машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв НТУУ «КПІ» (рис. 1). Пристрій складається з прозорої вертикальної фільтраційної камери з сітчастою фільтрувальною перегородкою. Фільтраційна камера герметично з'єднана нижньою частиною з гідравлічним трактом вакуум-насосу. Для визначення рівня заповнення частина фільтрувальної камери, що розташована над фільтрувальною перегородкою, проградуйована.

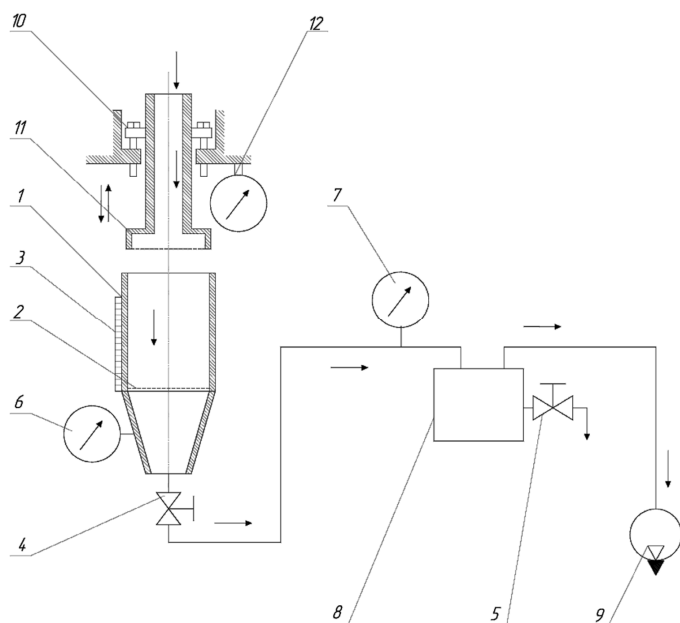


Рис. 1. Схема пристрою для визначення фільтраційних та зневоднюючих властивостей суспензій і осадів методом гідродинамічної проникності:  
1 – фільтраційна камера; 2 – фільтрувальна перегородка; 3 – мірна шкала; 4, 5 – регулювальні вентилі; 6, 7 – вакуумметри; 8 – бак; 9 – вакуум-насос

Згідно плану досліджень фільтрування проводилось за постійного перепаду тиску величиною 15 кПа. Об'єми проб, що піддавались фільтруванню становили 0,002 м<sup>3</sup> суспензії з концентрацією волокна 2 % а.с.в.

На основі дослідних даних одержано кінетичні криві фільтрування у формі залежностей рівня суспензії у фільтраційній камері від часу фільтрування (рис. 2, 3). Криві можуть бути представлені у формі гладких спадаючих функцій, близьких за формою до квадратичних. Це може бути пояснене тим, що в умовах проведення процесу, в часі змінюється висота та щільність осаду, що супроводжується нелінійною зміною площі поверхні волокон, площі умовного прохідного перерізу потоку води та звивистості каналів у міжволоконному просторі.

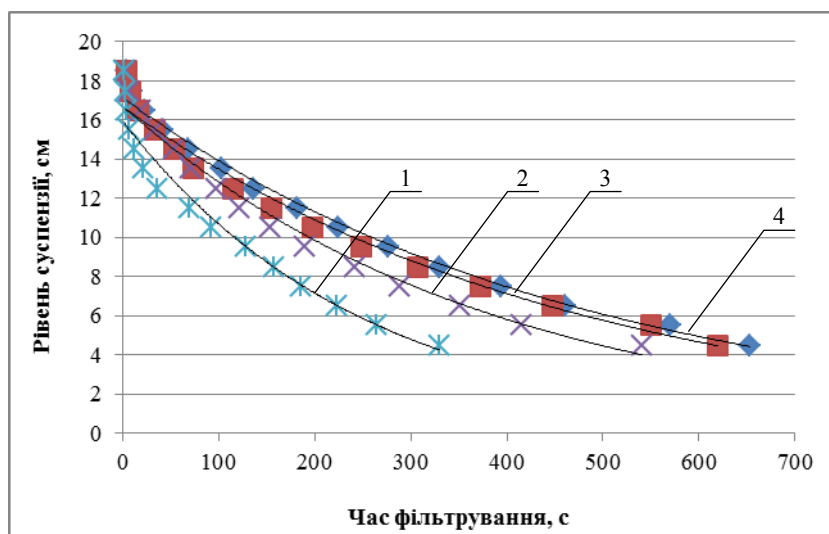


Рис. 2. Кінетичні криві фільтрування волокнистої суспензії з волокон первинної переробки:  
1 – помел № 1; 2 – помел № 2; 3 – помел № 3; 4 – помел № 4

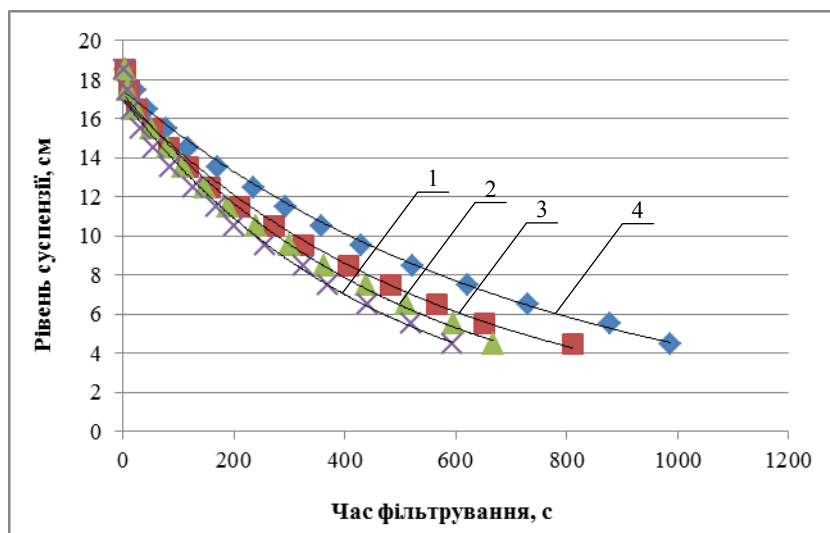


Рис. 3. Кінетичні криві фільтрування волокнистої суспензії з волокон вторинної переробки:  
1 – помел № 1; 2 – помел № 2; 3 – помел № 3; 4 – помел № 4

Незалежно від виду волокна та номеру помелу швидкість фільтрування змінюється в часі нерівномірно. На початку процесу фільтрування можна виділити період, у який швидкість фільтрування стрімко зменшується, після чого зменшення швидкості набуває більш плавного характеру. Це пов'язано з тим, що у виділений період часу на фільтрувальній перегородці формується початковий шар осаду і опір осаду мінімальний. Утворення початкового шару осаду супроводжується закупорюванням комірок сітки фільтрувальної перегородки, що різко гальмує фільтрування внаслідок зменшення прохідного перерізу потоку води. У подальшому з часом на збільшення опору осаду впливає тільки збільшення товщини шару осаду.

Встановлено, що швидкість фільтрування суспензії на основі волокон первинної переробки вища, за швидкість фільтрування суспензії на основі волокон вторинної переробки. Такий характер процесу пояснюється тим, що до складу макулатури окрім волокон входять дрібні частинки домішок та наповнювачів, а сама композиція волокон має більш виражену коротковолокнисту фракцію, що утворюється внаслідок переподрібнення волокон при їх повторному розмелюванні при переробці. Ці частинки і дрібні волокна при утворенні осаду швидко забивають комірки у сітці, що уповільнює проходження рідини крізь фільтрувальну перегородку.

На основі визначення середньої швидкості фільтрування для різних помелів (рис. 4) встановлено, що як у випадку фільтрування суспензій на основі волокон первинної переробки, так і при фільтруванні суспензій на основі волокон вторинної переробки, на середню швидкість фільтрування суттєво впливає тривалість розмелювання волокон. При цьому середня швидкість фільтрування зменшується зі збільшенням часу розмелювання волокон. Характер зміни середньої швидкості фільтрування відрізняється для різних видів волокон. У випадку використання волокон первинної переробки приріст середньої швидкості фільтрування від помелу до помелу нелінійний. Натомість при використанні волокон вторинної переробки зміни приросту не такі значні і залежність середньої швидкості фільтрування від часу розмелювання наближається до лінійної.

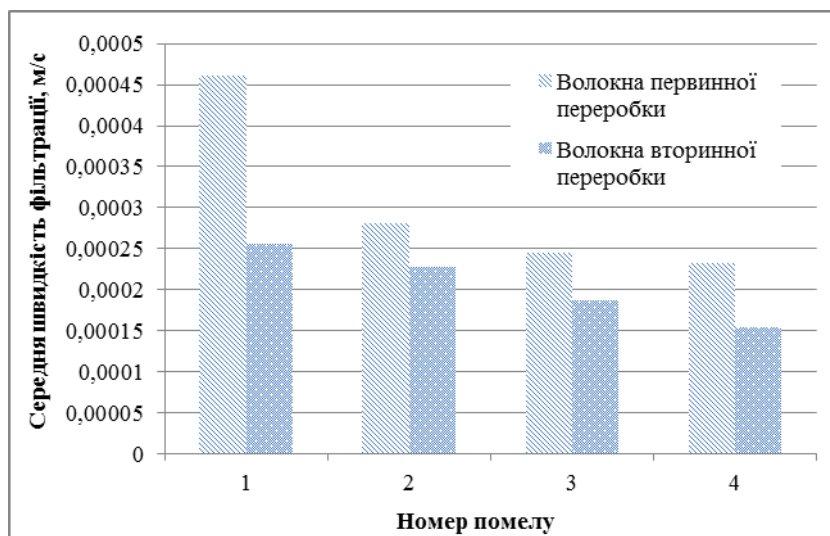


Рис. 4. Залежність середньої швидкості фільтрування волокнистих суспензій від номера помелу волокон

Відношення середніх швидкостей фільтрування помелу №1 і помелу №4 становить для суспензій на основі первинних волокон – 1,98, а для суспензій на основі вторинних волокон – 1,67. Це свідчить про залежність опору фільтрації, що створює осаджений шар волокон, від тривалості розмелювання волокон, що пов'язано зі збільшенням звивистості каналів в шарі осаду і більшим ступенем фібрилювання волокон, які довше піддавались розмелюванню.

### Висновки

Встановлено, що інтенсивність фільтрування водних суспензій на основі первинних целюлозних волокон вища, ніж суспензій на основі вторинних волокон. Зі збільшенням ступеня помелу волокон середня швидкість фільтрування нелінійно зменшується незалежно від виду волокон. Більшою мірою ефект проявляється при фільтруванні суспензій на основі волокон первинної переробки.

Викликають інтерес подальші дослідження з метою одержання та узагальнення даних щодо швидкості фільтрування для різних видів волокон у більш широкому діапазоні помелів з урахуванням параметрів, що характеризують фільтраційні властивості волокон.

**Аннотация.** Проведено експериментальное исследование кинетики фильтрации водных волокнистых суспензий на основе растительных волокон первичной и вторичной переработки при их различных помолах. На базе полученных кинетических зависимостей и вычисленных значений средней скорости фильтрации проведен сравнительный анализ интенсивности процесса в зависимости от вида и состояния волокон в суспензии. Основываясь на физических представлениях о процессе фильтрации волокнистых суспензий дано обоснование выявленных отличий в кинетике фильтрации исследованных суспензий.

**Ключевые слова:** волокнистая суспензия, кинетика, помол, фильтрация.

### Abstract.

The purpose of the research is the experimental study of the filtering kinetics of water fibrous suspensions based on plant fiber of primary and secondary processing and realization on its basis the comparative analysis of filterability for these suspensions.

The research was conducted using the device for determining filtering and dewatering properties of suspensions and sediments by hydrodynamic permeability method.

It was stated that the intensity of suspensions filtering on the basis of primary cellulose fibers is higher than suspensions of secondary fibers. When the grinding ratio of fiber increases the average velocity filtration decreases non-linearly regardless of the type of fibers. Mostly the effect is observed during filtration of suspensions based on primary fibers.

Further research is of interest in order to obtain and summarize data on the filtration rate for different types of fibers in a wide range of grinding taking into account parameters that characterize fibers filterability.

**Keywords:** filtration, fibre suspensions, kinetics, grinding.

### Бібліографічний список використаної літератури

1. Смолин А.С., Технология формования бумаги и картона / А.С. Смолин, Г.З. Аксельрод – М.: Лесная промышленность, 1984. – 120 с.
2. Примаков С.П., Технология паперу і картону / С.П. Примаков, В.А. Барбаш - К.: ЕКМО, 2008. – 425 с.
3. Богомол Г.М. Формование бумаги и картона / Богомол Г.М. – К.: Задруга, 2008. – 416 с.
4. Фляте Д.М. Бумагообразующие свойства волокнистых материалов / Фляте Д.М. – М.: Лесная промышленность, 1990. – 136 с.
5. Марчевський В.М. Обладнання лісового комплексу: дослідження процесів і устаткування целюлозно-паперових виробництв / Марчевський В.М., Семінський О.О., Петров В.В. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 148 с.

### References

1. Smolin A.S., Aksel'rod G.Z. Tehnologija formovanija bumagi i kartona. Moscow: Lesnaja promyshlennost', 1984. 120 p.
2. Primakov S.P., Barbash V.A. Tehnologija paperu i kartonu. Kyiv: EKMO, 2008. 425 p.
3. Bogomol G.M. Formovanie bumagi i kartona. Kyiv: Zadruga, 2008. 416 p.
4. Fljate D.M. Bumagoobrazujushhie svojstva voloknistyh materialov. Moscow: Lesnaja promyshlennost', 1990. 136 p.
5. Marchevsky V.M., Seminsky O.O., Petrov V.V. Obkladnannja lisovogo kompleksu: doslidzhennja procesiv i ustatkuvannja celjulozno-papеровih virobnictv. Kyiv: NTUU «KPI», 2011. 148 p.

Подано до редакції 10.06.2014